



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Vibrationsgrenzstandsensors gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 und einen hierfür geeigneten Vibrationsgrenzstandsensor.

Zur Grenzstanddetektion von Schüttgütern werden Vibrationsensoren auf Basis koaxialer Rohrschwinger oder Schwinggabeln eingesetzt. Ausgewertet wird hierbei die Dämpfung der Schwingung durch den Kontakt des Resonators mit dem Füllgut.

Vibrationsgrenzstandsensoren und deren Verfahren sind bereits vielfach auch von der Anmelderin beschrieben worden. Als Beispiel für einen Vibrationsgrenzstandsensor mit koaxialen Rohrschwinger ist die DE 43 27 167 C2 zu nennen. Als Beispiel für einen Vibrationsgrenzstandsensor, der Schwinggabeln aufweist, wird auf die ebenfalls von der Anmelderin stammende EP 0 810 423 A2 verwiesen. Weitere Vibrationsgrenzstandsensoren sind in DE 44 02 234 C1 und DE 44 19 617 C2 beschrieben.

Ein Ausfall eines solchen Sensors aufgrund eines mechanischen oder elektrischen Bauteiledefekts kann schwerwiegende Sach- oder Personenschäden zur Folge haben.

Das Nicht-Ansprechen einer Behälterüberfüllsicherung kann im Falle von pulverförmigen Chemikalien oder Düngemitteln zu einer erheblichen Verseuchung der Umwelt führen, im Falle von Zementstaub oder Farbpigmenten zumindest zu einer starken Verschmutzung der Umgebung.

Der Ausfall einer Behälterleerförderschutzeinrichtung kann teure Produktions- und Anlagenstillstände bedingen.

Das Ziel der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, ein Verfahren anzugeben, welches es gestattet, mit geringem Aufwand einen derartigen Vibrationsgrenzstandsensoren zuverlässig auf seine Funktionsfähigkeit zu testen. Dies soll sowohl bei unbedecktem als auch bedecktem Resonator, also unbedecktem oder bedecktem koaxialen Rohrschwinger bzw. Schwinggabeln möglich sein. Ziel der Erfindung ist auch die Angabe eines hierfür geeigneten Vibrationsgrenzstandsensors.

Erreicht wird dieses Ziel für das Verfahren durch die Merkmale des Anspruchs 1 und für den Vibrationsgrenzstandsensoren durch die Merkmale des Anspruchs 16.

Weiterbildungen dieser Erfindungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht also im wesentlichen darauf, dass durch testweise Umschaltung des Verstärkungsfaktors des Schwingkreisschwingungsverstärkers des Sensors auf einen besonders niederen bzw. besonders hohen Wert die Schwingkreisschwingung bei unbedecktem Sensor künstlich gedämpft bzw. bei bedecktem Sensor zwangsweise angeregt ist.

Die Erfindung wird nachfolgend zusammen mit einer einzigen Figur näher erläutert. In der einzigen Figur ist das Blockschaltbild eines Vibrationsgrenzstandsensors dargestellt.

Im einzelnen weist der Vibrationsgrenzstandsensoren einen Vibrationsresonator, im folgenden kurz Resonator 1 genannt, auf. Dieser Resonator 1 verfügt über eine Antriebseinrichtung 3 und eine Detektionseinrichtung 2. Im allgemeinen sind diese Antriebseinrichtung 3 und Detektionseinrichtung 2 durch Piezostapel realisiert, die die Schwingelemente (koaxiale Rohrschwinger oder Schwinggabel) zur Schwingung antreiben bzw. deren Schwingungen detektieren. Allerdings können die Antriebseinrichtung 3 und Detektionseinrichtung 2 auch durch ein einziges Antriebs- und Detektionselement, wie in EP 0 810 423 A2 der Anmelderin ausführlich beschrieben, realisiert sein. Zum Zwecke der Offenbarung dieser Ausführungsvariante wird ausdrücklich

auf EP 0 810 423 A2 Bezug genommen.

Die Detektionseinrichtung 2 ist über einen Rückkoppelverstärker auf die Antriebseinrichtung 3 rückgekoppelt. Im einzelnen besteht der Rückkoppelverstärker aus einem Eingangsverstärker 4 mit nachgeschaltetem Grundwellenbandfilter 6 und einem Endverstärker 7, dessen Verstärkungsfaktor variierbar ist. Die Anordnung des rückgekoppelten Resonators 1 bildet einen Schwingkreis.

Der Verbindungspunkt zwischen Grundwellenbandfilter 6 und Endverstärker 7 ist mit dem Eingang eines Meßgleichrichters 11 in Verbindung, der ausgangseitig ein amplitudenproportionales Gleichspannungssignal bereitstellt und einem Komparator 10 zuführt. Der Komparator 10 ist ausgangseitig einerseits über eine Stromstufe 16 mit einer Zweidrahtleitung 19 in Kontakt. Die Zweidrahtleitung 19 führt zu einem Auswertegerät in an sich bekannter Weise. Des weiteren ist der Ausgang des Komparators 10 als Stell-signal für einen Schalter 9 bereitgestellt. Diese Schalter 9 koppelt, sofern der Schalter 9 geschlossen ist, ein Wechsel-signal eines Oszillators 8 in den Rückkoppelverstärker. Hierfür ist zwischen den Eingangsverstärker 4 und das Grundwellenbandfilter 6 eine Addierstufe 5 geschaltet, der als Eingangssignal einmal das Ausgangssignal des Eingangsverstärkers 4 und das Signal des Oszillators 8 zugeführt wird. Der Ausgang der Addierstufe 5 ist mit dem Eingang des Grundwellenbandfilters 6 in Verbindung.

Die bisher beschriebene Schaltungsanordnung des Vibrationsgrenzstandsensors und dessen Funktionsweise ist an sich bekannt und beispielsweise in der bereits eingangs erwähnten DE 43 27 167 C2 detailliert beschrieben. Zum Zwecke der Offenbarung wird insoweit auf dieses Dokument ausdrücklich Bezug genommen.

Erfindungsgemäß ist die Schaltungsanordnung jedoch erweitert, um ein Funktionstesten des Vibrationsgrenzstandsensors zu ermöglichen. Die Erweiterung besteht darin, dass an den Rückkoppelverstärker eine Verstelleinrichtung geschaltet ist, um den Dämpfungswert des Rückkoppelverstärkers gezielt zeitweise zu verändern.

Im einzelnen ist hierfür ein als Umschalter dienendes Schaltelement 12 vorgesehen, das ohmsche Einrichtungen 13, 14, 15 unterschiedlicher Widerstandswerte an den Endverstärker 7 zu dessen Verstärkungsfaktoränderung koppelt. Im Normalbetrieb befindet sich das Schaltelement 12 in der in der Figur dargestellten Stellung, so dass die ohmsche Einrichtung 15, die veränderbar ist, den Verstärkungsgrad des Endverstärkers 7 bestimmt. Allerdings kann das Schaltelement 12 zusätzlich in zwei andere Stellungen manuell oder selbsttätig (was noch zu erläutern ist) geschaltet werden. Hierfür sind die ohmschen Einrichtungen 13 und 14 vorgesehen.

Die Funktionsweise der bisher beschriebenen Schaltungsanordnung ist folgende:

Die mechanische Schwingung des Resonators 1 wird von der Detektionseinrichtung 2 in ein elektrisches Signal umgewandelt. Der Eingangsverstärker 4, das Grundwellenbandfilter 6 und der Endverstärker 7 bilden den Rückkoppelverstärker, welcher die ihm zugeführte Schwingungsdetektionsspannung in ein Antriebssignal umwandelt, das der Antriebseinrichtung 3 zugeführt wird.

Die sich in Abhängigkeit der Resonatorfüllgutbedämpfung einstellende mechanische Schwingung der Schwingelemente (Rohrschwinger oder Gabelschwinger) und damit auch die elektrische Schwingung wird vom Meßgleichrichter 11 in eine amplitudenproportionale Gleichspannung überführt. Der Komparator 10 bestimmt anhand der Gleichspannungsamplitude den Bedeckungszustand der Schwingelemente und gibt ein entsprechendes binäres Signal aus. Dieses binäre Signal steuert die Stromstufe 16 an, welche

den ermittelten Füllstandwert als Stromsprungsignal auf der Zweidrahtleitung 19 ausgibt.

Durch ein Potentiometer in der ohmschen Einrichtung 15 läßt sich der Verstärkungsfaktor des Endverstärkers 7 variieren, um die Ansprechempfindlichkeit des Sensors auf Schüttgüter verschiedener Dichte einzustellen. So muß bei leichten Füllgütern, wie z. B. Styropor, eine verhältnismäßig niedrige Verstärkung gewählt werden, bei schweren Schüttgütern, wie z. B. bei Zement, dagegen ein hoher Verstärkungsfaktor.

Beim Anstehen einer Sensorvollmeldung wird das Ausgangssignal des niederfrequenten Rechteckgenerators 8 durch den Schalter 9 über die Additionsstufe 5 in den Rückkoppelverstärker eingekoppelt, um ein sicheres Wiederschwingen des Schwingkreises auch bei mit Füllgutablagerungen behafteten mechanischem Resonator zu gewährleisten.

Der Test des Sensors geschieht durch zeitweises Umschalten des Schaltelementes 12 an die ohmschen Einrichtungen 13 bzw. 14. Anstelle der für die Abstimmung auf die jeweiligen Füllgutdichten vorgesehenen ohmschen Einrichtung 15 bestimmt dann eine der beiden ohmschen Einrichtungen 13, 14, die im einfachsten Fall als Widerstände ausgebildet sein können, den Verstärkungsfaktor des Endverstärkers 7. Die ohmsche Einrichtung 13 ergibt einen derart niedrigen Verstärkungsfaktor, dass selbst bei vollkommen unbedecktem mechanischen Resonator 1 eine selbsterhaltende Schwingung nicht mehr möglich ist. Der Sensor gibt daher bei korrekter Funktion eine Vollmeldung aus.

Die ohmsche Einrichtung 14 ist dagegen so dimensioniert, dass der Endverstärker 7 einen Verstärkungsfaktor aufweist, dass auch bei einem durch Füllgut vollständig bedeckten Resonator 1 eine Rückkoppelschwingung einsetzt. Bei einem Koaxialschwinger beginnt dabei der innere Schwingstab, welcher keinen Kontakt zum Füllgut hat, zu schwingen, so dass trotz Füllgutbedeckung die Schwingfähigkeit des Resonators 1 nachgewiesen werden kann. Bei einem Gabelresonator mit Schwinggabeln kann zumindest anhand der mechanischen Überkopplung im Antriebs-/Detektionssystem eine Erregung des Schwingkreises herbeigeführt werden. Der Oszillator 8 unterstützt in beiden Fällen wirkungsvoll das Einsetzen der erzwungenen Schwingung. Der Sensor muß daher bei korrekter Funktion testweise eine Leermeldung ausgeben.

Bei beiden Tests (Voll- und Leermeldung) wird dabei die gesamte Meßkette testweise durchlaufen und somit auf Funktion geprüft. Die Meßkette besteht hierbei aus dem mechanischen Resonator 1, dem Rückkoppelverstärker 4, 6, 7, dem Meßgleichrichter 11, dem Amplitudenkomparator 10, der als Ausgangsschaltstufe wirkenden Stromstufe 16 und einem eventuell nachgeschalteten Auswertgerät sowie der Abschalt- und Meldeorgane des Anlagenbetreibers.

Der Funktionstest des Vibrationsgrenzstandsensors kann vor Ort am Sensor mittels entsprechender Bedienelemente ausgelöst werden. Hierfür ist das Schaltelement 12 mit einem manuell zu betätigenden Bedienknopf ausgestattet.

Eine besonders vorteilhafte Ausbildungsform ist jedoch die Fernsteuerung von der Schalt- bzw. Leitwarte des Anlagenbetreibers aus.

Zu diesem Zweck ist der Vibrationsgrenzstandsensormit über die Zweidrahtleitung 19 mit einem in der Figur nicht dargestellten Auswertgerät in der Leitzentrale verbunden. Dort kann zur Testeinleitung ein besonderes Signal generiert werden, das in einer Testablaufsteuereinheit 18 detektiert wird und zum selbsttätigen Umschalten des Schaltelementes 12 herangezogen wird. Hierfür ist beispielsweise die Stromstufe 16 über einen Spannungsregler 17 mit der Testablaufsteuereinheit 18 in Verbindung. Ausgangesseitig steht die

Testablaufsteuereinheit 18 mit dem Schaltelement 12 in Kontakt, um fallweise für einen Funktionstest die Schalterstellung des Schaltelementes 12 von der dargestellten Lage so zu verändern, dass einmal die ohmsche Einrichtung 13 und einmal die ohmsche Einrichtung 14 an den Endverstärker 7 zu dessen Verstärkungsfaktoränderung geschaltet wird.

Zum Einleiten des Funktionstestes kann beispielsweise die Spannungsversorgung des Sensors kurz unterbrochen werden. Der Spannungsregler 17 kann daraufhin die sensorinterne Betriebsspannung  $U_B$  nicht mehr aufrechterhalten. Die Testablaufsteuereinheit 18 detektiert diese Unterbrechung der Betriebsspannung  $U_B$  und veranlaßt bei jedem Wiedereinschalten der Spannungsversorgung den Start des Funktionstestes. Hierfür schaltet die Testablaufsteuereinheit 18 das Schaltelement 12 zeitlich begrenzt an die ohmschen Einrichtungen 13 und 14 und generiert so eine Voll- und/oder Leermeldung. Der Anlagenbetreiber oder aber auch ein automatisiertes System prüft, ob die auszugebenden Testfüllstände hierbei korrekt vom Sensor gemeldet werden.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Resonator
- 2 Detektionseinrichtung
- 3 Antriebseinrichtung
- 4 Eingangsverstärker
- 5 Additionsstufe
- 6 Grundwellenbandfilter
- 7 Endverstärker
- 8 Oszillator
- 9 Schalter
- 10 Komparator
- 11 Meßgleichrichter
- 12 Schaltelement
- 13 Widerstand
- 14 Widerstand
- 15 veränderbarer Widerstand
- 16 Stromstufe
- 17 Spannungsregler
- 18 Testablaufsteuereinheit
- 19 Zweidrahtleitung

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Vibrationsgrenzstandsensors mit einem eine Antriebseinrichtung (3) und eine Detektionseinrichtung (2) aufweisenden Resonator (1) und einen auf einen vorgegebenen Verstärkungsfaktor eingestellten Rückkopplungsverstärker (4, 6, 7), durch welchen das Detektionssignal der Detektionseinrichtung (2) in ein der Antriebseinrichtung (3) zuführbares Antriebssignal umgewandelt wird, wobei eine vorgegebene Dämpfungsänderung der Schwingung des Resonators als Erreichen des zu überwachenden Grenzstandes ausgewertet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vorgegebene Verstärkungsfaktor des Rückkoppelverstärkers (4, 6, 7) zum Funktionstesten des Vibrationsgrenzstandsensors bei unbedecktem Resonator (1) auf einen so niedrigen Wert eingestellt wird, dass die Schwingung gedämpft wird, und dass bei bedecktem Resonator (1) auf einen so hohen Wert eingestellt wird, dass eine zwangsweise Schwingungserregung einsetzt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum Funktionstesten des Vibrationsgrenzstandsensors zwischen den verschiedenen Verstärkungsfaktoren umgeschaltet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der im Normalbetrieb des Vibrationsgrenzstandsensors vorgegebene Verstärkungsfaktor des Rückkoppelverstärkers einstellbar ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Rückkoppelverstärker (4, 6, 7) extern zeitweise ein Schwingungssignal zugeführt wird zum Erzielen eines sicheren Wiederanschlingens des aus Resonator (1) und Rückkoppelverstärkers (4, 6, 7) gebildeten Schwingkreises.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der niedrige Verstärkungsfaktor so gewählt ist, dass bei völlig unbedecktem Resonator (1) eine selbsterhaltende Schwingung nicht mehr möglich ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der hohe Verstärkungsfaktor so gewählt ist, dass auch bei einem durch Füllgut vollständig bedecktem Resonator (1) eine Rückkopplungsschwingung einsetzt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator (1) ein Koaxialschwinger ist und der Beginn der Schwingung des inneren Schwingstabes des Koaxialschwingers als Funktionsnachweis ausgewertet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator (1) ein Gabelschwinger ist und anhand der mechanischen Überkopplung in dem Antriebs-/Detektionssystem eine Erregung des Schwingkreises herbeigeführt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass dem Detektionssignal der Detektionseinrichtung (2) ein niederfrequentes Wechselsignal zugeführt wird, wenn das Detektionssignal eine vorgegebene Schwelle unterschreitet.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass während des Funktionstestes durch Umschalten der Verstärkungsfaktoren des Rückkoppelverstärkers (4, 6, 7) bei bedecktem Resonator (1) eine Leermeldung und bei unbedecktem Resonator (1) eine Vollmeldung generiert wird, wenn der Vibrationsgrenzstandsensoren fehlerfrei arbeitet.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass während des Funktionstestes die gesamte Meßkette des Vibrationsgrenzstandsensors überprüft wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Funktionstest vor Ort mittels Bedienelemente am Vibrationsgrenzstandsensoren ausgelöst wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Funktionstest ferngesteuert durchgeführt wird, indem ein mit Bedienelementen für den Funktionstest versehenes Auswertegerät über eine Zweidrahtleitung (19) mit dem Vibrationsgrenzstandsensoren in Verbindung steht.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der ferngesteuerte Funktionstest durch eine vordefinierte Spannungsänderung auf der Zweidrahtleitung (19) gestartet wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinrichtung (3) und die Detektionseinrichtung (2) durch ein einziges Antriebs- und zugleich Detektionselement gebildet sind.
16. Vibrationsgrenzstandsensoren zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15 mit einem eine Antriebseinrichtung (3) und eine Detektions-

- einrichtung (2) aufweisenden Resonator (1) und einen auf einen vorgegebenen Verstärkungsfaktor einstellbaren Rückkoppelverstärker (4, 6, 7), durch welchen das Detektionssignal der Detektionseinrichtung (2) in ein der Antriebseinrichtung (3) zuführbares Antriebssignal umwandelbar ist, wobei eine vorgegebene Dämpfungsänderung der Schwingung des Resonators (1) als Erreichen des zu überwachenden Grenzstandes in einer Auswerteeinrichtung (10, 11) ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verstelleinrichtung (12, 13, 14, 15) vorgesehen ist, durch welche der Verstärkungsfaktor des Rückkoppelverstärkers (4, 6, 7) bei unbedecktem Resonator (1) auf einen so niedrigen Wert einstellbar ist, dass die Schwingung gedämpft wird, und dass bei bedecktem Resonator (1) der Verstärkungsfaktor auf einen so hohen Wert einstellbar ist, dass eine zwangsweise Schwingungsanregung erreicht wird.
17. Vibrationsgrenzstandsensoren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinrichtung ein Schaltelement (12) aufweist, durch welches ohmsche Einrichtungen (13, 14, 15) unterschiedlicher Widerstandswerte an den Rückkoppelverstärker (4, 6, 7) zur Änderung dessen Dämpfungswertes angeschlossen sind.
18. Vibrationsgrenzstandsensoren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Rückkoppelverstärker (4, 6, 7) die Reihenschaltung eines Eingangsverstärkers (4) mit nachgeschaltetem Grundwellenbandfilter (6) und nachfolgendem Endverstärker (7) aufweist.
19. Vibrationsgrenzstandsensoren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung einen an den Rückkoppelverstärker (4, 6, 7) angekoppelten Meßgleichrichter (11) mit nachgeschaltetem Komparator (10) aufweist, wobei der Ausgang des Komparators (10) an eine Stromstufe (16) geschaltet ist, durch welchen der ermittelte Füllstandswert als Stromsprungsignal bereitgestellt wird.
20. Vibrationsgrenzstandsensoren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Stromsprungsignal der Stromstufe (16) über eine Zweidrahtleitung (19) einem Auswertegerät zuführbar ist.
21. Vibrationsgrenzstandsensoren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromstufe 16 über einen Spannungsregler (17) und einer nachfolgenden Testablaufsteuereinrichtung (18) mit der Verstelleinrichtung (12, 13, 14, 15) in Verbindung steht, um den Funktionstest durch Variation des Verstärkungsfaktors des Rückkoppelverstärkers (4, 6, 7) selbsttätig einzuleiten.
22. Vibrationsgrenzstandsensoren nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass ein Oszillator (8) vorgesehen ist zum zeitweisen Einkoppeln eines Schwingungssignals in den Rückkoppelverstärker (4, 6, 7) zur Erzielung eines sicheren Wiederanschlingens des Schwingkreises.
23. Vibrationsgrenzstandsensoren nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinrichtung (3) und die Detektionseinrichtung (2) durch ein einziges Antriebs- und zugleich Detektionselement gebildet sind.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

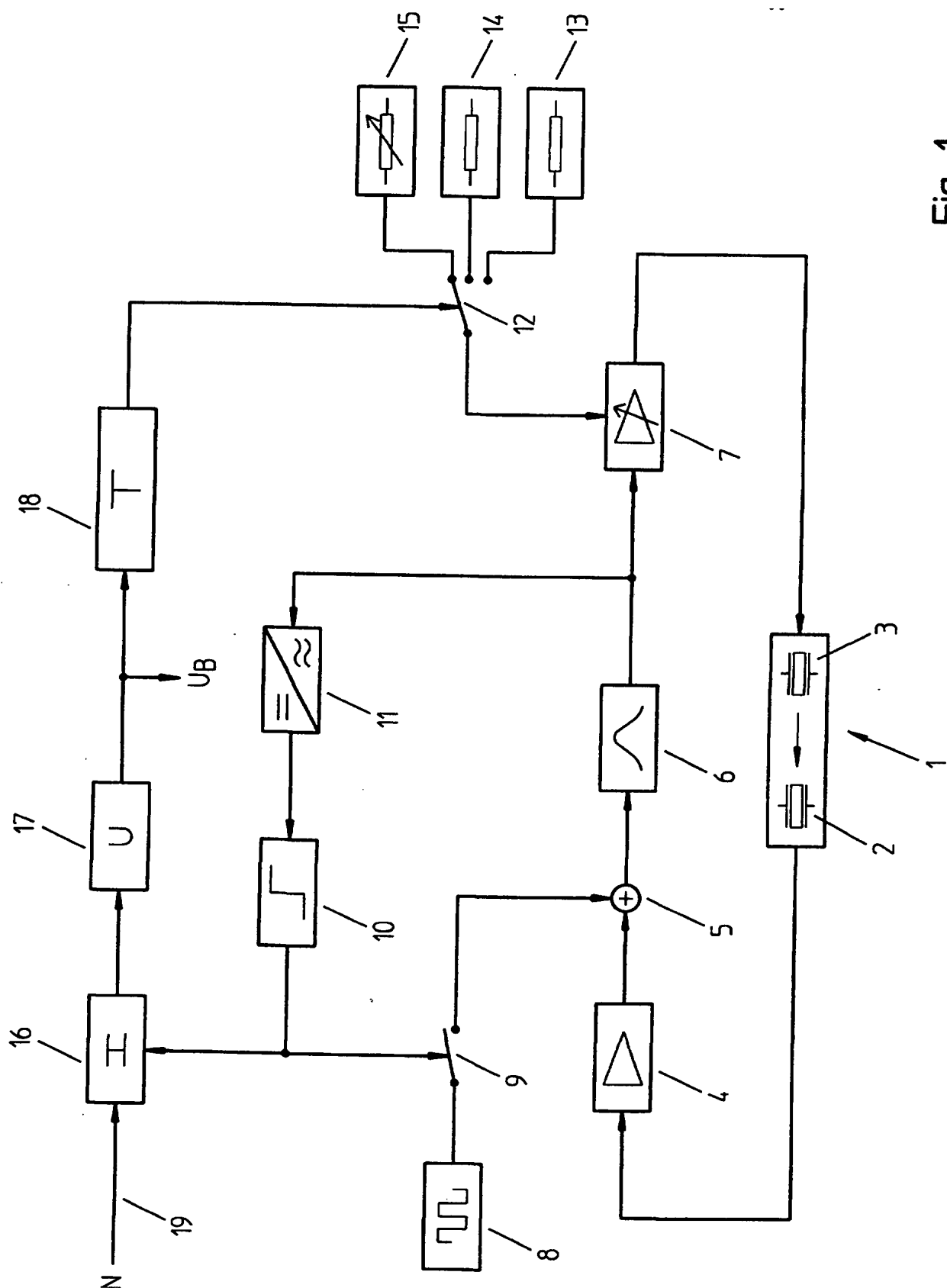


Fig. 1